人防工程智能化监控系统设计研究

王 雷

哈尔滨市国防动员工程设施保障中心技术保障二科 黑龙江 哈尔滨 150090

【摘 要】：人防工程规模越来越大，监控管理却长期靠人工巡检和分散的就地仪表撑着，越来越力不从心。本文先梳理人防工程监控对象的构成和运行特点，分析当前监控管理中盲区多、数据断档、故障发现滞后等问题，说明智能化升级为什么必要；随后给出分层分布式的监控系统总体架构，分感知层、传输层、平台层、应用层四层，并逐一讨论环境与设备监控、视频安防、出入口控制等子系统的设计要点；系统建设涉及的技术、网络与数据安全、运维管理问题也一并作了说明。从已建项目的运行情况看，这种体系化监控模式能把工程管理由粗放式推向精细化。设备可靠运行有了依托，平战转换更快，运维开支也降了下来。

【关键词】：人防工程；智能化监控；系统设计；物联网；平战结合

DOI:10.12417/2705-0998.26.14.023

引言

这些年城市地下空间开发得很快，国防动员体系建设也在持续推进。人防工程的数量和规模都上了一个台阶，维护管理和战时防护的压力跟着增大。人防工程是城市防护体系的重要一环，监控手段跟不跟得上，既关系战时防护效能的发挥，也关系平时工程资产的安全。问题在于，这类工程长期处在地下封闭环境里，通风、给排水、供配电、消防等设备种类多、数量大。靠人工巡检加分头监视，还能管得过来吗？现实答案是越来越难了：监控盲区多，数据不连续，故障发现晚，平战转换慢。一些建设年代较早的工程，管理还停留在“重建设、轻管理”的状态，设备完好率没有保障。换个角度看，条件其实已经成熟。物联网、大数据、人工智能、数字孪生这些技术近几年陆续落地，各地人防主管部门也在推进“智慧人防”建设，对工程智能化监控提出了明确要求。本文正是基于这一背景展开，先剖析监控对象的构成与运行特点，再提出总体架构和关键子系统的设计方案，最后归纳建设运行中的配套措施，供同行参考。

1 人防工程监控系统现状与智能化监控概述

1.1 人防工程监控系统的构成与运行特点

人防工程监控系统要管的对象多而杂，专业化程度也高，大致可归为四类。环境监测是一类：温湿度、二氧化碳与一氧化碳浓度、氧气含量等空气质量参数，外加毒剂、放射性沾染等核生化监测要素，直接关系工程内人员的生命安全。动力设备是第二类，进排风系统、空调除湿设备、给排水泵组、供配电系统、柴油发电机组都在其中。其中通风系统有清洁式、滤毒式、隔绝式三种运行方式，是战时防护的关键。第三类是安全防护，包括视频监控、入侵报警、出入口门禁，以及防护门、密闭门的状态监测。第四类是消防设施，火灾自动报警、气体灭火、应急照明疏散指示都算在内。这些对象的运行环境有几个共同点：封闭、潮湿、腐蚀性强。设备多数时间待机备用，却必须随时拿得出来用，否则平战转换无从谈起。还有一点容易被忽视——各系统之间联动紧密。核生化报警一响，通风方式切换、防护门关闭都要跟着快速动作。哪个环节失效，整体防护能力都会打折扣。监控系统为什么把实时性、可靠性看得这么重？原因就在这里。

再看管理现状，不少工程的监控手段至今还相当落后。早期工程多数只配了简单的就地仪表，靠人工定期抄表。环境参数和设备状态没法远程获取，管理部门掌握的往往是滞后的信息。后来陆续建了一些监控系统，但各子系统大多各建各的、互不联通。视频一套平台，门禁一套平台，环境和消防又是另外的平台。数据散在各处，成了一个个“信息孤岛”，综合分析谈不上，联动控制更谈不上。地下环境潮湿，传感器故障率高、数据漂移明显，运维力量又跟不上，设备带病运行并不鲜见。人防工程还有个特殊性：点多、面广、位置分散。管理部门人手有限，传统方式下根本做不到对每个工程高频次巡查。失管漏管的风险，一直悬在那里。这些问题叠加起来，结论很清楚：智能化改造不是可选项，而是必答题。

1.2 智能化监控对人防工程运行管理的意义

传统管理模式下，人防工程主要靠人工定期巡检和简单的就地仪表监视。巡检间隔长，数据不连贯，隐患往往等到暴露出来才被发现。引入智能化监控，变化是多方面的。最直观的是状态感知和故障预警。传感网络全覆盖，数据连续采集，系统随时掌握环境参数和设备状态；再结合阈值判断与趋势分析捕捉异常，故障处置就由“事后抢修”转向“事前预防”。设备长期待机后的隐性失效，也能提前发现。

作者简介：王雷（1977.10.18），工程师八级，研究生研究方向信息工程。

平战转换同样直接受益。战时或应急状态下，系统按预设程序自动完成通风方式切换、防护密闭设施关闭、备用电源投入等一连串动作。转换时间压缩了，人为误操作的空间也小了。运维上的账也好算：数据驱动代替经验驱动，巡检路线和维护计划得以优化，人力投入下降，设备寿命延长，全寿命周期的管理效益明显改善。此外，日积月累的运行数据本身就是资产。挖掘分析之后，设备劣化规律、工程环境变化趋势都能看出来，大修改造计划和应急预案的制定也就有了依据。管理由粗放式、经验型转向精细化、数据型，靠的正是这个积累过程。

2 人防工程智能化监控系统的设计与实现保障

2.1 智能化监控系统的总体架构与关键子系统设计

总体架构采用分层分布式结构，自下而上分四层：感知层、传输层、平台层、应用层。感知层是系统的“眼睛”和“手”。温湿度传感器、气体探测器、核生化监测仪、智能电表、水位计、高清摄像机和各类执行机构部署在工程各部位，一边采集原始数据，一边执行控制指令。选型时要特别注意防护等级，地下潮湿环境，普通商用设备扛不住。传输层以工业以太网和光纤环网为主干，RS485 总线、LoRa 等低速方式作补充接入。同时预留 4G/5G 无线链路和北斗短报文，作为应急通信手段。战时或灾害条件下，数据链路必须冗余可靠，这一点没有商量余地。平台层是中枢。数据中台、时序数据库、智能分析引擎都部署在这里，多源异构数据统一接入、存储、清洗、融合分析。借助 BIM 与 GIS 技术，还能搭起工程的三维可视化模型，设备状态一目了然，故障定位也精准得多。应用层面向管理业务，综合监控大屏、移动应用、报警管理、报表统计、平战转换指挥等功能模块都在这里，按分级分权限原则开放。

关键子系统的设计各有侧重。环境与设备监控子系统的核心，是通风系统三种防护工况的自动转换。核生化报警信号和内部空气质量参数作为判据，系统按预设逻辑自动启停风机、启闭阀门，在清洁式、滤毒式、隔绝式之间有序切换。发电机组的蓄电池电压、油位、水温等参数也在线监测，应急电源随时可用。视频安防子系统引入了人工智能分析，对出入口、重要设备间等重点区域做入侵检测、烟火识别、异常行为分析。过去的“被动录像”，由此变成“主动预警”。出入口控制子系统把门禁管理和防护门状态监测合在一起，各口部开闭状态、人员进出记录实时可查，并与入侵报警联动，安全防范形成闭环。消防子系统管的是火灾报警与通风排烟、应急照明、广播疏散的自动联动，为工程内人员争取宝贵的处置时间。

智能分析与联动控制，靠平台层内置的规则引擎和智能算法模型支撑，报警策略可灵活配置、分级管理。做法并不复杂：按参数越限、变化速率异常、设备故障等情形，把报警分成提示、一般、重要、紧急四级，分别对应界面提示、声光报警、短信推送、应急预案启动。为什么要分级？主要是避免报警泛滥。无效报警一多，运维人员就容易麻痹，真正要紧的报警反而被淹没。联动控制上，系统建有覆盖平时、临战、战时的策略库。平时以节能运行和设备养护为主，通风除湿设备按需启停。临战状态下，监测频次自动提高，设备自检与物资核查同步完成。战时则严格按防护预案执行隔绝防护和内部环境保障。三种状态各有侧重，监控策略始终跟着工程任务走。

系统集成与接口设计也不容忽视。各子系统数据经 OPC UA、Modbus、BACnet 等标准工业协议接入平台，向上还预留与人防指挥信息系统、城市运行管理平台对接的接口，监控信息得以分级汇聚、共享。监控中心按工程重要程度分级设置。市级中心管全局，负责辖区各工程数据的集中管理和统一调度；现场监控室管本地，负责设备实时监控与就地控制。两级中心由专网互联。这样既保住现场控制的独立性，管理部门对全局态势的掌握也不受影响。软件采用模块化设计，功能模块可独立升级、独立扩展。日后接入新的监控对象、传感设备、分析算法，无须推倒重来。这一点对控制长期投入很关键。

2.2 智能化监控系统建设的支撑保障

系统建得起来，还要转得下去。这靠技术、安全、管理三方面的配套措施。技术层面，边缘计算网关负责数据就地预处理与断网续传，关键控制器与通信链路按冗余原则配置，监控中心配不间断电源。人防工程有特殊要求，电磁脉冲防护与抗毁加固也要一并纳入设计，极端条件下系统至少维持基本功能。安全层面，按国家网络安全等级保护制度完成定级与防护设计；监控网络与外部网络物理隔离，或设安全边界防护；重要数据加密传输、加密存储；身份认证与操作审计从严执行。目的就一个：防止数据外泄，防止系统被非法控制，守住人防工程的信息安全底线。管理层面，工程管理单位要以监控平台为核心建立运维制度。日常监屏、报警处置、设备维护、系统升级，每个环节的标准与责任分工都要定清楚。运维人员定期培训平台操作与应急处置，平战转换演练时顺带检验联动功能。系统运行质量纳入绩效考核，责任到人，持续改进。

建设路径上，宜按“统筹规划、分步实施”推进。新建工程好办，监控系统与主体工程同步设计、同步施工、同步验收，管线通道与设备安装空间一次预留到位。已建工程麻烦些，要结合大修改造逐步加装传感设备与通信网络。先把关键部位和重要设备覆盖起来，再向全面感知过渡，避免一次性投入过大，也避免重复建设。经费要跟得上。建设、运维一体化安排，运行维护费用纳入年度预算。否则系统建成后没人养，用不了几年就成了摆设，这样的教训并不少见。还有一点必须强调：设计要严格遵循《人民防空地下室设计规范》（GB 50038）等国家与行业现行标准。这既是合规要求，也直接关系工程验收能否顺利通过。

3 结语

总的来看，智能化监控对人防工程运行管理的价值是实实在在的。分层分布式架构打底，环境与设备监控、视频安防、出入口控制、消防联动等子系统协同配合，再加上冗余可靠的技术手段、严密的安全防护、规范的运维制度，工程状态实时感知、故障提前预警、平战快速转换、运维成本优化这些目标都能落地。传统人防工程“重建轻管”的被动局面，有望真正扭转。往后呢？人工智能、数字孪生、5G 通信还在不断融入，监控系统会朝更精准、更高效、更智能的方向演进。设备故障智能诊断、防护效能仿真评估、运维决策自动优化，都是可以期待的下一步。当然，智能化监控不是关起门来自建自用。与城市应急管理体系衔接起来，让监控数据在更大范围内共享、应用，人防工程才能更好地服务城市安全发展，为城市防护体系建设打牢技术底子。

参考文献：

[1] 钱江,奚江琳,邹大海.智能人防工程设计研究[J].地下空间与工程学报,2006,(02).

[2] 李青鹏,罗凤玲,黄永弟.地下指挥所分布式环境监控系统的设计与实现[C]//2006 国防通信技术委员会学术研讨会论文集.2006.

[3] 李斐.当代建筑设计中的人防工程设计探讨[J].智能城市,2021,(01):25-26.

[4] 徐健.楼宇智能化综合安防监控系统设计[J].电子测试,2021,(12):61-62+40.

[5] 朱晓晓.论智能建筑安防监控系统设计与应用的要点[J].科技资讯,2018,16(15):23-24.